

الفصل الثالث

الحامض النووي

DNA

الحامض النووي Deoxyribonucleic acid

حمض أوكسيريبونيوكلريك (DNA)

- الحامض النووي DNA هو من أهم المواد الكيميائية الموجودة في الكائن الحي حيث يحمل الصفات الوراثية من جيل إلى آخر.
- الحامض النووي DNA هو المسئول عن جميع العمليات أو الأنشطة الحيوية والبيولوجية داخل الخلية.
- هو المسئول عن جميع عمليات تخليق البروتينات أو الأحماض الأمينية داخل الخلية.

نبذة تاريخية: Historical

- كان العالم فيشر Fischer عام ١٨٨٠م أول من حدد أو بين تركيب الحامض النووي DNA من البيرين purines والبيريميدين pyrimidine.
- ثم جاء العالم كوسيل Kossel وحدد أن البيريميدين pyrimidine يتكون من سيتوزين cytosine والثيامين thiamine والبيرين purines يتكون من الأدينين Adenine والجوانين guanine وقد أخذ جائزة نوبل على ذلك عام ١٩١٠م.
- ليفان Levene الروسي قد اكتشف النوكس زيهوز في الحامض النووي عام ١٩١٠م ووجود حامض الفوسفوريك.
- في عام ١٩٤١م اكتشف العالم فولجين Robert Feulgen تفاعل كيميائي يحدد وجود مادة DNA بواسطة اللون.
- في عام ١٩٥٣ استطاع كل من واطسن وكريك أن يقترح بأن DNA يوجد أغلبه في صورة حلزون مزدوج ذي خواص مميزة للغاية.
- في عام ١٩٦٧ استطاع العالم كورنبرج بأن يوضح DNA بأنه يخلق من حوالي ٦,٠٠٠ نيكليوتيد 6.000 nucleotides.

وجوده Occurrence

- فيما عدا بعض الفيروسات جميع الكائنات الحية تحتوي على مادة DNA.
- تتمركز كل المادة الوراثية DNA في النواة المركزية في الخلية وخاصة في الكروموسومات في بعض الحالات توجد مادة DNA في الأجسام السباحية والبلاستيدات والجسم المركزي.

وحدة القياس DNA

تقاس كمية DNA بواسطة وحدات صغيرة تسمى بالبيكوجرام (pg) picogram

$$1 \text{ pg} = 10^{-12} \text{ grams}$$

- كمية DNA تكون ثابتة من خلية إلى خلية ومن نوع إلى آخر.
- كمية DNA في البرمائيات في النواة للضفدعه ٧,٧٢ بيكوجرام.

شكله: Morphology

- (١) شكل shape جزء DNA في الخلايا ذات الانوية الحقيقية Eukaryotic تكون مثل الخيوط الممتدة المستقيمة والغير متفرعة وهو مزدوج شكل (١-٣).
- بينما جزء DNA في الخلايا بدائية النواة مثل بعض الفيروسات تكون دائرية الشكل.

الحجم: Size

- يختلف حجم جزء DNA من نوع لآخر ف يبلغ حجم جزء في الأجسام المسبحية حوالي ميكرومتر 5mm يبلغ حجم DNA جزء الفردي منه في البكتريا حوالي ١,٤ ملم طول 1.4 mm long

التركيب الكيميائي لجزء DNA

Chemical Composition of DNA

يتركب جزء DNA من وحدات عديدة ومتكررة تسمى بوليميرات وتسمى هذه الوحدات بنوكليوتيدات Nucleotides ويحتوي كل نيكليوتيد على ثلاث أجزاء هي:

- (١) سكر خماسي يسمى بنتوز pentose وهذا السكر يعرف باسم دي أوكس ريبوز Deoxyribose.

(٢) حمض الفوسفوريك Phosphoric

(٣) قواعد نيتروجينية Nitrogen bases

وتشمل هذه القواعد على نوعين هما:

أ- البيريميدين pyrimidines

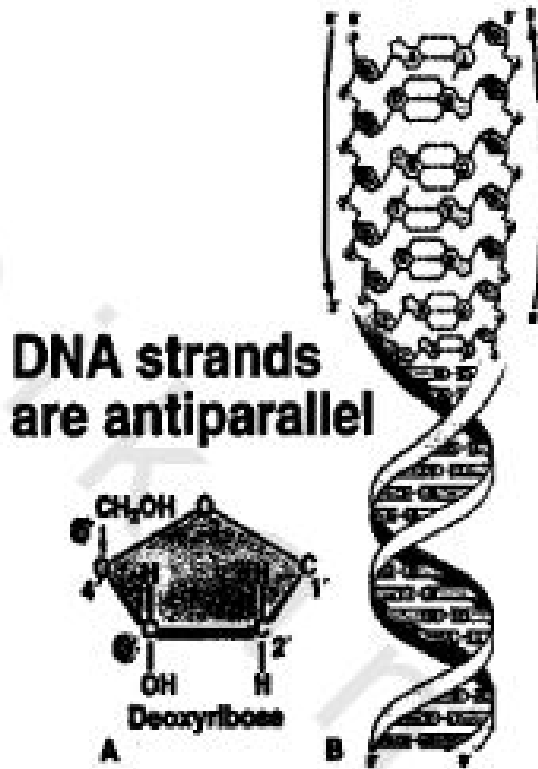
هو مركب عضوي يحتوي على حلقة واحدة. ويوجد به نوعين من البيريميدين هما :

- السيتوزين cytosine - الثيامين thymine

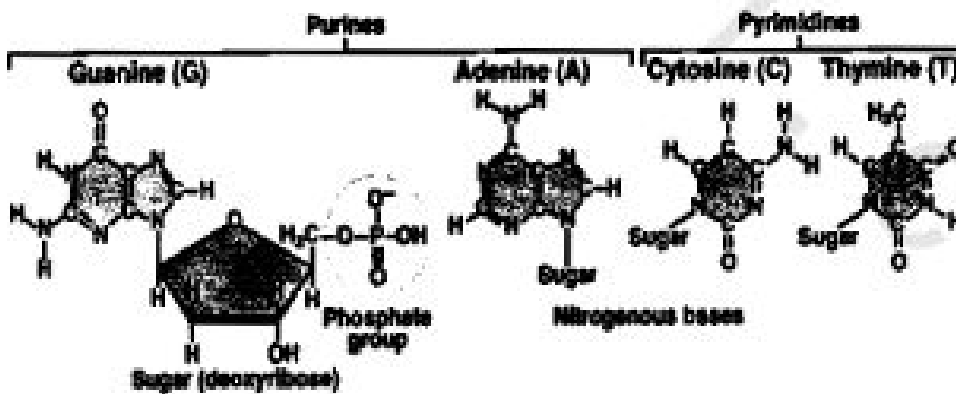
ب- البيورين purines

- وهو مركب عضوي يحتوي على حلقتين ويوجد به نوعين من البيورين هما:

- الأدينين Adenine - الجوانين Guanine



DNA bases



شكل رقم (٢-١)

التركيب الجزيئي لمادة د ن أ

Molecular Structure of DNA

- تتحد كل من البيورينات والبيريميدات أي القواعد النيتروجينية مع جزء السكر pentose الهنتوز بواسطة روابط كيميائية بين ذرة كربون في الموقع ١ في السكر وذرة الكربون في الموقع ٩ في البيورين ويسمى هذا الاتحاد بين القواعد النيتروجينية والسكر بالنيكلوسيد Nucleoside.

- ثم يتحد جزء النيكلوسيد Nucleoside مع جزء من مجموعة الفوسفات phosphate group وتسمى حينئذ بالنيكلويد Nucleotides.

- النيكلوسيد + مجموعة واحد من الفوسفات تعرف باسم نيكلويد. أحادي الفوسفات Deoxy Adenosime (nucleoside) monophosphate (d AMP) أو قد تتحد النيكلوسيد مع

مجموعتين من الفوسفات أو ثلاث حينئذ تسمى Adenosine Diphosphate ADP or ATP

Deoxy Adenosine Triphosphate (dATP)

Deoxy guanosine Triphosphate (dGTP)

Thymidine Triphosphate (TTP)

- يتركب جزء DNA من بوليميرات مكونه من وحدات متكرره من النيكلويد وهي كالتالى:

- مجموعة فوسفات تتحد مع ذرة الكربون رقم ٥ في السكر.

- تتحد ذرة الكربون رقم ٣ في السكر مع جزء النيكلويد الآخر عن طريق مجموعة الفوسفات الأخرى.

- وهكذا تستمر حلقات الاتصال بين كل مجموعة وأخرى حتى تكون سلسله من جزء البوليمر.

- وهذه الروابط تعرف باسم روابط استر تساهميه Covalent ester bonds

- أوضح وطسوم وكريك أن كل لفه للشريط المزدوج لجزء DNA يتكون من ١٠ نيكلويد ونصف

قطره الاسطوانى الحلزوني 20Å in diameter تقريبا وفى الطول 34Å in long.

- وتنظم المعلومات الوراثية على الشريط الحلزوني لجزء DNA بواسطة تتابع الأربعة قواعد

نيتروجينية على طول هذا الشريط.

- يرتبط شريطي جزء DNA Two polynucleotides strands مع بعضهما البعض بواسطة رابطته

هيدروجينية بين كل من البيورينات والبيريميدات.

- وتكون هذه الرابطة بين الاننين والثيامين ثنائية الروابط الهيدروجينية وبين الجوانين والسيتوزين

ثلاثية الروابط الهيدروجينية.

- التركيب الجزيئي لمادة د ن أ DNA هي:

A = T Adenine - Thymine

G = C Guanine - cytosine

فتح وغلق جزء DNA Denaturation and Renaturation of DNA

- يرتبط شريطي جزء DNA الزوجي ببعضهما البعض بروابط هيدروجينية ضعيفة.
- إذا سخن محلول يحتوي على جزء DNA فإن هذا الجزء لا يظل مستقراً وقد يؤدي هذا التسخين إلى فصل الشريطين عن بعضهما البعض وتسمى عملية الفصل هذه Melted or Denaturated.
- تتم عملية الفصل أيضاً بواسطة استخدام محلول قلوي قوي والذي يدخل في الروابط الهيدروجينية التي بينهما.
- أما إذا برد هذا المحلول الساخن فإنه يتكون جزء DNA المزدوج الشرط ويسمى حينئذ باسم الغلق Renaturation.
- يتم أيضاً فتح الشريط المزدوج من جزء DNA بواسطة أيضاً بعض أنزيمات النسخ Restriction enzymes بالإضافة جزء من النيكلوتيد إلى إحدى جانبي الشريط المزدوج بعد الفتح لتساعد في عملية النسخ كما يتم قتل أو تدمير هذا الشريط أو غلقه بواسطة بعض أنزيمات النسخ الرابطة أو المتحددة ligase enzymes مثل T 4.

تتضاعف مادة أو جزء دي أوكسي ريبوز (د ن أ) Replication of DNA

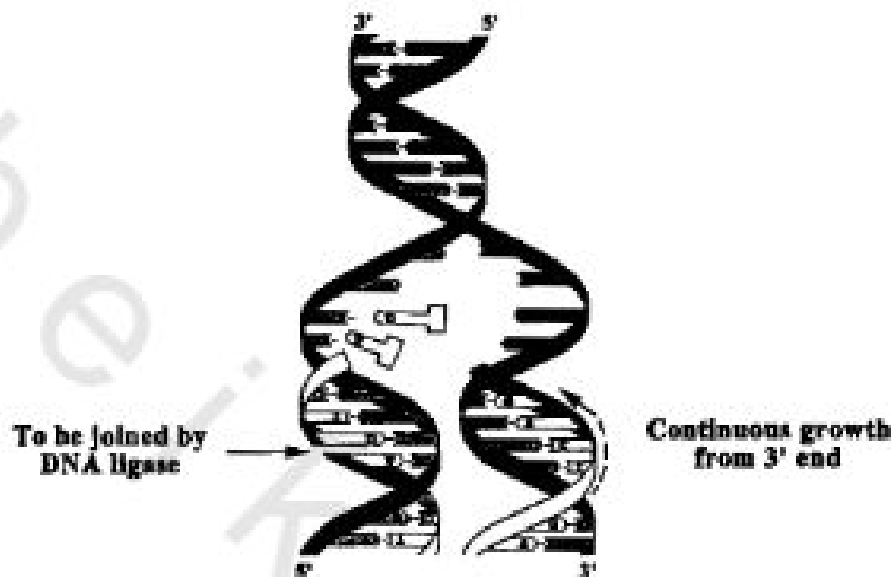
هناك نوعين من التضاعف هما:

- التضاعف غير ذاتي Hetero catalytic function وهما كما يحدث في توجيه جزء نحو تخليق مادة (RNA) ريبوزونيكليز والبروتين.
- التضاعف الذاتي Autocatalytic function وهو توجيه نشاط جزء DNA في تخليق مادة أو جزء من DNA نفسه.

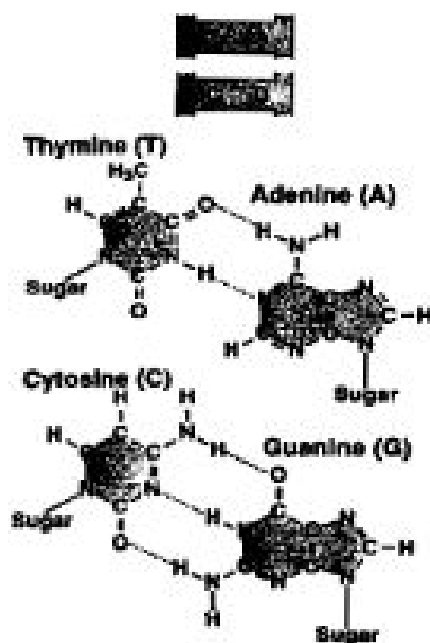
هناك ستة عوامل أساسية ضرورية في عملية التضاعف الذاتي لجزء DNA وهي:

- 1- تتم عملية التضاعف بواسطة طرق شبه ثابتة أو محافظة على طريقته معينة.
- 2- تتم عملية التضاعف في اتجاه واحد ولكن غالباً تتم في اتجاهين.
- 3- يتم التضاعف في نقطة معينة unique point أو المنظم origin أو أكثر من نقطة.
- 4- يتم التضاعف في كلا الشريطين بواسطة إضافة نيكلوتيد أحادي النيكلوتيد monomers في اتجاه 5' إلى 3' من ذرات الكربون.

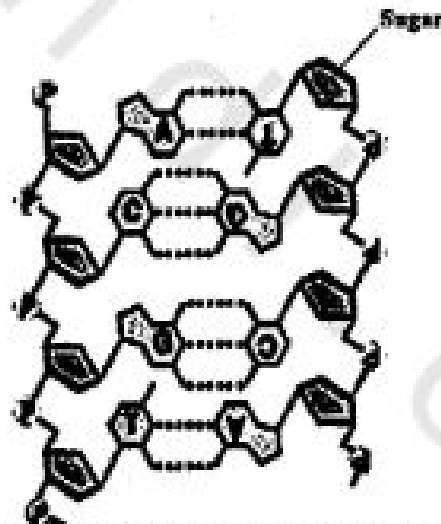
- ٥- يحدث هذا التناسخ كجزء قصير أو صغير غير مستمر وذلك بأن يتكون جزء صغير قصير ثم يتحد فيما بعد مع الجزء الرئيسي للجزء DNA.
- ٦- جزء صغير من RNA ضروري لعملية تنشيط جزء DNA البوليمر للاستطالة شكل (٢-٣)



The Discontinuous Model for DNA Replication. This Model is Most Widely Accepted and Supported One.



DNA Base Pairs



A segment of DNA Molecule Showing Arrangements of Different Components
(P = phosphate, A = Adenine
T = Thymine, G = Guanine
and C = Cytosine)

شكل رقم (٢-٣)

الطريقة النصف أو شبه محافظة لتتاسخ مادة DNA The Semi-conservative of DNA Replication

- تتطلب هذه الطريقة تتاسخ مادة DNA واستمراريتها للحفاظ على نقل الصفات الوراثية من جيل إلى آخر.
 - حسب اقتراح واطسن وكريك بأن إحدى الشريط المزدوج من مادة DNA بوليمير يعمل كوسادة template لتخليق الشريط الآخر المكمل للشريط الأصلي old strand وتخليق الشريط الجديد .
 - فإذا حدث تتاسخ لشريط المزدوج الأصلي فانه ينتج شريطين أصليين وآخرين جديدين في الجيل الأول.
 - وفي حالة تتاسخ أفراد الجيل الثاني فانه ينتج عنه اثنين من الجيل الأصلي القديم وستة لشريطة من أفراد الجيل الجديد أي الاجمالي ثمانية لشريطة أي ستة لشريطة Daughter molecules واثنين أصليين.
- شكل (٣-٣)
- ويمكن تحديد هذه الأشرطة الجديدة بواسطة استخدام مواد مشعة لنقطة التحديد مثل ن^{١٥} (15N). ن^{١٤} (14N) مع استخدام مادة كلوريد السيزيم cesium chloride (C s cl) لفصل مادة DNA بواسطة الطرد المركزي حسب طريقة ماثيو وفرنكلين (١٩٥٨).

توجيه جزء DNA للتتاسخ Direction of DNA Replication

- قد أوضحت أحسن التجارب العلمية لتوجيه جزء DNA للتتاسخ بواسطة العالم كارينز Cairns عام ١٩٦٣ مستخدماً تشييع كروموسومات *E. coli* (كولاي) في عملية التتاسخ. فقد وضع شرشيا كولاي (*E. coli*) في وسط غذائي لنمو في وجود المادة المشعة ثيمانين 3H-Thymidine لمدة نصف ساعة وذلك لتشخيص شريط DNA بالمادة المشعة.
- وقد ترك جزء DNA لفترات متعددة في المادة المشعة والوسط الغذائي ليوحدت عملية التتاسخ فوجد انها ضعف لكمية الأصلية من DNA.
- اقترح كارينز إذا انفصل جزء جديد New molecules من الجزء الأصلي فان الجزء الجديد المنفلق من الأصلي يلتف حول نفسه أو نهايته ويربط بين طرفيه مكوناً دائرتين Two circles.
- ويكون اتجاه وحركة هذه الجزئيات وتتاسخها تبدأ أساساً من نقطة معينة origin.
- اقترح كارينز أن التتاسخ الشوكي Replication fork يخرج أو يبدأ من النقطة في اتجاه واحد.

- في بعض الأحيان يكون هناك ثنائي التناسخ الشوكي Replication fork كما في شرشيا كولاى حيث أن لها اتجاهين DNA is Bidirectional.

- عند تقابل ثنائي التناسخ الشوكي مع بعضهما البعض فالبعض ينتج كروموسومات بنوية Daughter chromosomes كل واحد ينتج عنه شريط من جزء DNA الجديد المخلوق والشريط الآخر من القديم.

4- إضافة جزء من النيكلوتيد Addition of nucleotide monomers

- ميكانيكية الأنزيمات المساعدة أو أنزيمات النسخ هي المسؤولة عن عملية تخليق الأشرطة الجديدة تجزئي DNA ولا يمكن للأشرطة أو سلسلة DNA من النمو والتناسخ بدون أنزيمات النسخ.

ويكون التناسخ في إضافة النيكلوتيد على أساس:

- إضافة النيكلوتيد monomers للأشرطة DNA تحدث في نهاية ذرة الكربون ٥,٢ في سلسلة التناسخ لمادة DNA.

- عدم التماثل للأشرطة DNA في أن يكون أحدهما مختلف عن الآخر أثناء عملية التناسخ.
- يمكن تحديد و معرفة عملية التناسخ بواسطة التحليل الأنزيمي أو الكيميائي وثانياً بواسطة الميكروسكوب الإلكتروني.

- وجد أن حجم الفاج لندا DNA (λ) للشريط الواحد لغير متماثل يقاس بأنه ٠,٤٠ ميكرومتر (٠,٤ Mm) والتي تعادل ١٠٠٠ زوج من القواعد (1000 base - pairs) .

- وهناك نوعان من الأشرطة في الميتوكوندريا للحيوان أحدهما شريط خفيف ل L-strand وينتج عندما تنكسر الرابطة الهيدروجينية التي تربط جزء DNA أثناء عملية التناسخ والآخر شريط ثقيل H

H-strand

- عند إضافة قطعه أو جزء النيكلوتيد وأثناء عملية التناسخ فإن الشريط الجديد ل L-strand يتحد مع المكمل له L-strand من جزء DNA المزدوج الأصلي. ودائماً ينشأ الشريط ل (L) الخفيف ثم يتواءم الشريط الثقيل (H).

- تكون الإضافة في اتجاه واحد من ذرة الكربون ٥' إلى نهاية ٣' لسلسلة جزء DNA.

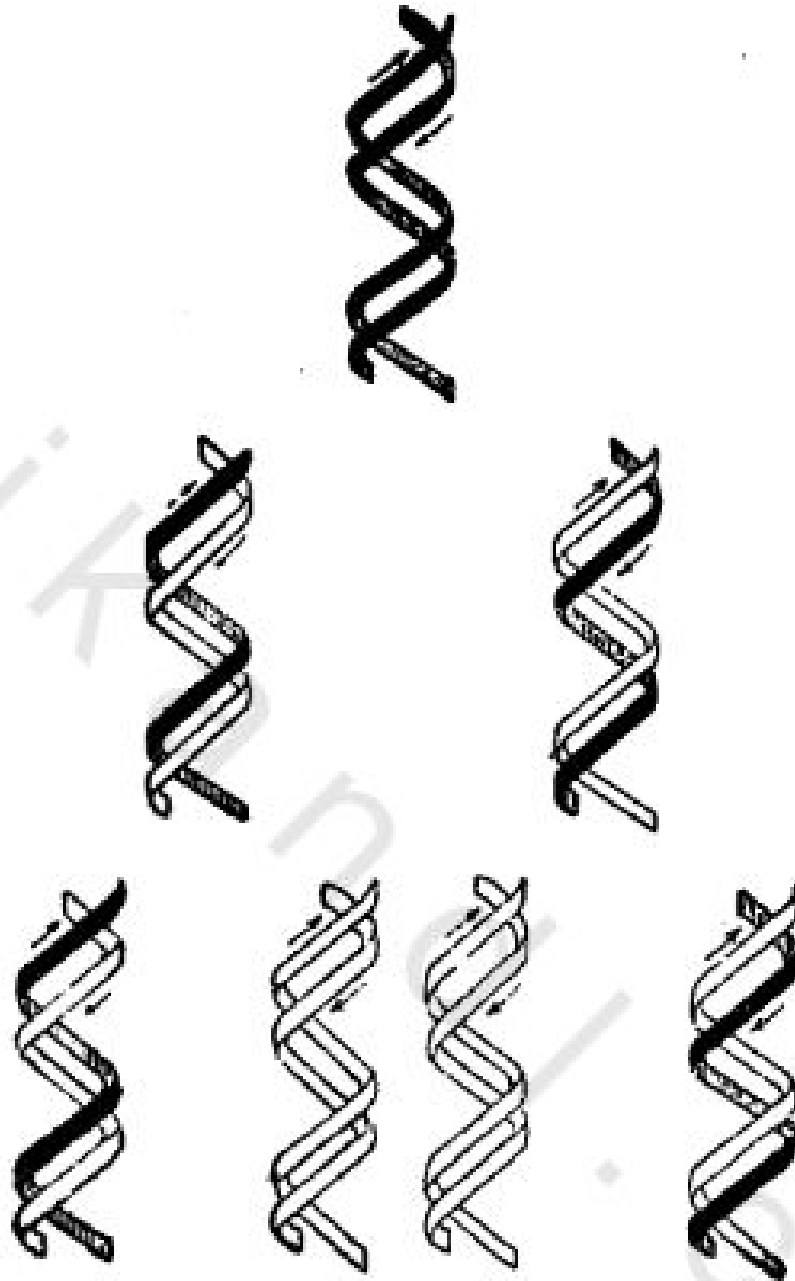


Diagram interpreting the experiment of Meselson and Stahl (1958) to show the semi-conservative method of DNA replication. Above—Parent DNA molecule with both strands labeled with N^{15} ; Middle—First generation shows the daughter molecules (in white) synthesized in a medium containing N^{14} (Note that the DNA molecules are hybrids of N^{15} —and N^{14} DNA strands); Below—At the second generation two molecules are hybrids and two are not.

شكل رقم (٣-٣)

تخليق القطع الصغيرة من DNA Synthesis of Short Pieces

- استطاع أوكازاكا عام ١٩٦٨-١٩٧١ من توضيح أن تخليق جزء DNA يكون في صورة قطع صغيرة والتي فيما بعد تدخل في جزيئات السلسلة الطويلة من DNA.
- وفي نمو الشرشيا كولاي في الأوساط الغذائية قد أضيفت بعض المعجلات أو المحفزات المعلمة أو المبيلة precursor label والتي وجدت هذه الجزيئات المعلمة في جزء DNA وتسمى هذه لجزيئات بجزيئات التتبع أو جزيئات أو قطع أوكازاكا Okazaki fragments replication fragments
- وأن هناك بعض الأنزيمات الضرورية والتي تؤدي إلى فرد سلسلة DNA أو اتحاد القطعة القصيرة من النيكلوتيد مع شريط.
- وتتابع قطع أوكازاكا يبدأ بإضافة هذه القطع (نيكلوتيد) في سلسلة DNA في الاتجاه ذرة الكربون ٥' إلى ٣' وأحدث هذه الإضافات للنيكلوتيد تكون في نهاية ذرة ٣' لكل سلسلة من شريطي DNA لمزدوج.

اتحاد القطع الصغيرة Linking of Short Pieces

- يقوم بعملية اتحاد قطع أو أجزاء DNA مع بعضها البعض أو مع سلسلة جزء DNA البولييمر أنزيم الربط DNA ligase.

تنشيط عملية النسخ بواسطة بدائيات RNA Initiation of Replication by RNA Primer

- العالم كورنميرج وأوكازاكا عام ١٩٧٠ وضع أهمية بدائيات RNA للتخليق جزء DNA. وقد أوضح أن جزيئات RNA الموجودة تكون من بعض الأنزيمات النووية والتي تضاف إلى نهاية ذرة ٣' والذي يرتبط برابطة تساهمية أو تكافؤية covalently bonded لموقع رقم ٥.

Unwinding the double helix

- بعض البروتينات لابد من وجودها لتسهيل عملية اكتمال (ملتقى الانشطار) جزئ DNA في المرحلة المتقدمة للتتبع الشوكي replicating fork دون ازدواج لشريطي جزء DNA.
- وأول البروتينات الضرورية الخاصة بفتح DNA في عم أحداث حلزونية أو لتفاف جزء DNA هو البروتين الخاص الذي يعطى ٣٢ جين في البكتريا الشرشيا كولاي فاج (gene e in E. coli phage T4).

- هذا البروتين له القدرة على تحويل ثنائي الشريط من جزء DNA (Duplex DNA) إلى أحادي الشريط single strand عند درجة حرارة 40°م وقد لايجد الحلزون المزدوج على الانشطار.
- هناك رابطة قوية Tight binding بين البروتين والشريط الأحادي من DNA.
- رابطة ضعيفة little binding بين البروتين وثنائي شريط DNA (Duplex DNA)
- يتحد البروتين الخاص بالنسخ بعدم الازدواجية Unwinding protein مع A-T اثنين - ثيامين وينتج حرارة تكفي لاكتمال التفاعل والربط بينهما. وأيضا يتحد مع مجموعة الفوسفات والسكر الأساسية في تكوين جزئ DNA.

- والشكل المتطاوول من جزئ البروتين الخاص يسمح باتحاد أو الربط بقوة مع عشرة أجزاء من النيكلويد المفردة، وذلك لأن تفاعل جزئ البروتين - مع البروتين لإحدى شريط DNA يكون أفضل وأسرع وبالتالي فإن اتحاد جزيئات البروتين مع بعضهما البعض أفضل من تفاعله مع القاعدة الأساسية لجزئ DNA دون فتحها ويسمى التفاعل باسم التعاون المتبادل.

- ليس فقط البروتين الخاص بعدم الازدواجية يقوم بفتح ازدواجية جزئ DNA (Duplex) إلى أحادي الشريط single-strand ولكن أيضا يقوم بتسهيل تعلق أو التصاق القواعد للتزوجينية بين الشريط الأحادي لجزئ DNA أثناء التناسخ. أي أنه بمجرد أن ينشطر الحلزون المزدوج ليكشف عن خيوطه المفردة يرتبط على الفور جزئ من بروتين الفك ذي الخيوط المفردة، وتتقدم بروتينيات اضافيه ترتبط بكفاءة أعلى من الأولى (في ظاهرة تعرف باسم التعاون المتبادل) لتصبح وبسرعة أحادية الخيط المفرد مستقرة عن طريق غلاف بروتينيات الفك.

- يعتقد أن بروتين الفك د ن أ مسئول عن جعل الانشطار الحلزون المزدوج متقدما عن ملتقى النسخ.
- يكون جزيئا واحدا من بروتين الفك بطول يسمح بتغطيه 8 نيكلويد من DNA بمعنى أن بروتينيات الفك لـ ٤٠٠ الموجودة في كل خلية تستطيع أن تثبت أطوالا أساسيه لكل من ملتقى التناسخ.

وهناك عدة أنواع من الأنزيمات هي:

- أنزيم فك DNA وفك البروتين.

- من الواضح أن تناسخ د ن أ يتطلب أن يفك للجزئ النووي المزدوج حتى تكون القواعد النتروجينية الداخلية معرضة للأنزيمات التناسخ. ويبدو أن نشاط الفك في الاثرشيا كولاي يتم بواسطة بروتين التناسخ والذي يعيى الـ ATP الالنيوزين ثلاثي الفوسفات في حين يحفز حلزون على الانشطار.

- وبمجرد الانشطار تصبح الخيوط المفردة المعرضة مثبتة بواسطة بروتين آخر هو البروتين الخاص بك دن.أ.

- هناك بروتينات أخرى تشترك في التماسك مثل:

- إنزيم الاسترخاء (البروتين W) والذي يعتقد انه يتخلص من اللفاف فوق الحلزوني الكبيرة والمعد المتولدة في كروموسوم دثري مزدوج أثناء عملية الفك استعدادا للتاسخ.

- أنزيمات الاستطالة (البلمرة) وهذه مهمة للفرد واستطالة الشريط الفردي لـ دن.أ. وهذه الأنزيم يسمى بإنزيم البلمره III ويلزم أثناء الاستطالة استمرار عملية الفك للحلزون واستقرارا لحاجة الانشطار بواسطة بروتينات الفك.

- إنزيم الاسترخاء وهو الذي يعمل على إزالة اللفاف الناتجة ويتحاشى التشابك الكروموسومي.

أنزيمات النيكلوبيز Nuclease enzyme

هذه الأنزيمات تقوم بتحليل وكسر سلسلة النيكلوتيدات إلى مركبات أو قطع من النيكلوتيدات حيث ترتبط بروابط ثنائية الفسفورية 3', 5' phosphodiester bonds

وتهاجم هذه الأنزيمات نهاية الموقع 3' أو 5' في هذه الارتباطات وهناك نوعان من هذه الأنزيمات:

(١) أنزيم إكسونيكليز Exonuclease enzyme

والتي تهاجم أطراف الحز من النيكلوتيد والذي يبدأ في نهاية الموقع الحز 3' (OH-) من النيكلوتيد والذي يكسر أو يذثر على الرابطة المتصلة بنهاية الموقع 3'-OH للرابطة الفسفورية الثابتة phosphodiester back bone أو أنها تبدأ في التأثير على نهاية الموقع 5'-pend وتهاضم النيكلوتيد في اتجاه ٥١ - ٣١

(٢) أنزيم إندونيكليز Endonuclease enzyme

- وهو الأنزيم الذي يهاجم طرف واحد من طرفي رابطة ثنائي الفوسفور phosphodiester linkages والذي يهاجم الروابط الداخلية لسلسلة النيكلوتيدات.

- إذا كانت سلسلة النيكلوتيد هذه فراديه فإن الأنزيم يقطع السلسلة إلى قطعين.
البلمره دن أ في الأوساط الخذاقية

In vitro D/A polymerization

تتطلب عدة جزئيات من المواد الحضرية وتكون ضرورية للتفاعل وهي:

- دوكمي نيكلوسيد ثلاثي الفوسفات Deoxynucleoside Triphosphate

وهي متشابهة تماما بنيكليوتيدات أحادية الفوسفات

Deoxynucleotide monophosphate (d AMP, d CMP, d GMP)

وبإضافة جزئين من مجموعة الفوسفات إليها ينتج (d ATP, d CTP, d GTP) نيكليوتيدات ثلاثية الفوسفات.

- عديدة النيكليوتيدات مع نهاية 3'-OH

Polynucleotide chains with 3'-OH ends

وعدد من أشرطة DNA تسمى أساسيات الأشرطة Primer strands

- شريط الطبع أو القالب Template strands

جميع النشاطات الهامة لبوليمر د ن أ تحتوي على صفات خاصة وهي إضافة نيكليوتيدات إلى الشريط الابتدائي أو الأصلي primer strands

- في حالة البلمرة في الأوساط الغذائية ألفا (ب) فوسفات لنيكلوسيد ثلاثي الفوسفات يكون ٣١، ٥١ رابطة ثلاثية فوسفورية مع مجموعة حرة من 3'-OH أثناء نمو سلسلة النيكليوتيد.

وجزئ البيروفسفاتيز (P ~ P) فهو تلقائيا ينتج عن طاقة عالية "high bond" (~) energy" or بمعنى أنه عند تحلل البيروفسفاتيز ينتج عنه جزئان من الفوسفات مع تحرير طاقة والذي يؤدي إلى استكمال البلمرة لـ د ن أ.

وتكون دائما الإضافة في اتجاه ٥' - ٣' وموقع الإضافة في نهاية الموقع ٣'

ومما سبق يتضح أن تتابع د ن أ يتطلب الآتي:

- أنزيمات لفك الحلزون المزدوج.

- تخليق خيوط ابتدائي الأولى.

- أنزيمات للاستطالة وتتطلب أنزيم البلمرة III والذي يعمل مع أنزيمات أخرى. ويلزم أن يسبق عملية الاستطالة فكا مستمرا للحزون واستقرارا لحالة الانشطار بواسطة بروتينات لفك.

- أنزيم الاسترخاء والذي يعمل على إزالة اللفائف الناتجة ويتعاضد بالتشبيك الكروموسومي.

- تفاعل تخليق قطع والالتحام الذي يتكرر بأنزيم البلمرة د ن أ ١ والتليجيز ل د ن أ وأنزيمات أخرى لتصحح وتلحم معا قطع أوكزالي المخلقة بجهاز التتاسخ.

حمض ريبيونيكلك أسد (ر ن. أ) Ribonucleic acid (RNA)

- معظم الخلايا ذات الأنوية البدائية والحقيقية تحتوي على حامض نووي غير DNA ويسمى RNA حمض ريبيونيكلك أسد (ر ن أ).

- في بعض الفيروسات لا تحتوي على المادة الوراثية DNA ولكن تحتوي فقط على RNA وبذلك يكون هناك ريبيونيكلك وراثي مثل DNA وأخر غير وراثي وبذلك ينقسم RNA (ر ن أ) إلى قسمين:
أحدهما:

Genetic RNA
Non Genetic RNA

أ (حمض ريبيونيكلك وراثي
ب) حمض ريبيونيكلك غير وراثي

أ (حمض ريبيونيكلك الوراثي Genetic RNA

- يوجد هذا النوع من الحامض الوراثي في كثير من الأنواع الفيروسية النباتية وأنواع فيروسية حيوانية مثل فيروس الأنفلونزا، وفيروسات الفم والغم وغيرها من الفيروسات الحيوانية.
- يتكون هذا الحامض من عدد من النيكلوتيدات حوالي 4 تسمى ribonucleotides ذلك واحدة نيكلوتيد تحتوي على سكر (ribose) ومجموعة الفوسفات وقاعدة نتروجينية.

- القاعدة النتروجينية هي الأدينين - الجوانين (البورين) - السيتوزين - اليوراسيل (البيريميدين) توجد أربعة صور من النيكلوتيد سابعة في السائل النووي وكن بصورة ريبيونيكوسيد ثلاثي الفوسفات

Triphosphates of ribonucleosides

مثل أدينوزين ثلاثي الفوسفات

Guanosine Triphosphate (GTP), Adenosine triphosphate (ATP) cytidine Triphosphate (CTP) and uridine Triphosphate (UTP).

Molecular structure of RNA

تركيب جزيئ ر ن أ

- يتكون الشريط الفردي من ر ن أ والموجود في النواة على أساس أنه مادة وراثية في فيروسات النبات والحيوان. من عديد من النيكلوتيدات polynucleatides والذي يحتوى على عدد كبير من ريبيونيكلوئيد.

- يرتبط الريبوز + حمض الفوسفوريك في النيكلوتيد بواسطة روابط ثنائية الفوسفات phosphidester bonds.

Non Genetic RNA (ب) حمض ريبيونيكك غير وراثي

وهذا النوع من الحامض النووي موجود في الخلايا حقيقية النواة وهو ليس المادة الوراثية في الخلية ولكن من الأساسيات في تكوين الأنواع المختلفة للبروتينات

Replication of genetic RNA تناسخ ريبيونيكك الوراثة

- تناسخ RNA الوراثة للفيروسات نباتية أو الحيوانية يكون ذاتيا Self - replication

ويسمى ريبيونيكك أساسي وريبيونيكك مخلق RNA-dependent RNA synthesis

- وظيفة ريبيونيكك الفيروس يعمل على أنه ريبيونيكك مسافر as a messenger RNA والذي يكون

مصحبا أو عاملا مع الجهاز الريبوسومي في العائل وفي تخليق كل من

لنزيما البلمرة للريبيونيكك RNA polymerase enzyme والضروري في تخليق RNA

والبروتين الخاص بتغليف الفيروس.

- ويعمل فيروس RNA على أساس أنه قالب أو طابع Template في تخليق سلسلة ريبيونيكك المتمعة

أو المكملة لتكوين شريطين من ريبيونيكك أي تضاعف.

- قد ترتبط سلسلة RNA مع أخرى من DNA ويعمل RNA في نسخة المعلومات الوراثية وترجمتها.

مقارنة بين كل من مادة DNA و RNA

الرقم	الفرق	DNA	RNA
١.	المكان	غالباً في النواة	غالباً في السيتوبلازم والبعض في النواة موجود في النوية
٢.	الشكل	ثنائي الأشرطة حلزونية	أحادي الأشرطة وليس حلزونياً
٣.	فوسفات	حمض الفوسفوريك	حمض الفوسفوريك
٤.	بريميديات	ثيامين ، سيتوزين	سيتوزين ، يوراسيل
٥.	بيرين	أدينين ، جوانين	أدينين ، جوانين
٦.	الأهمية	تلعب دوراً هاماً في التحكم الوراثي والطفرة والوراثة والتحكم في معظم العمليات الحيوية في معظم العمليات الحيوية بالخلية	تكون مادة وراثية كما في بعض الفيروسات. وتكون مادة غير وراثية في الحيوانات والفقاريات العليا وتعمل على الهمزة في تكوين البروتين في الخلية
٧.	السكر	٢- ديزوكس ريبوز	الريبوز
٨.	الاتحاد بين كل من السكر + الفوسفات + القواعد النيتروجينية	هذا الاتحاد واحد في كل منهما	الاتحاد واحد
٩.	التركيب الجزيئي	A-T G-C	A-C G-U